

Aplikasi Metode *Lean Six Sigma* Untuk Usulan Improvisasi Lini Produksi Dengan Mempertimbangkan Faktor Lingkungan. Studi Kasus: Departemen GLS (*General Lighting Services*) PT. Philips Lighting Surabaya

Miftachul Arifin dan H. Hari Supriyanto, Ir., MSIE.

Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: hariqive@ie.its.ac.id

Abstrak— Departemen GLS (*General Lighting Services*) PT. Philips Lighting Surabaya merupakan produsen lampu pijar. Pada pelaksanaan proses produksinya, perusahaan menemui beberapa kendala yang terkait dengan *waste*. Analisis *lean six sigma* dengan menggunakan *value stream mapping* menunjukkan terjadi *defect* di mesin *finishing* dan *waiting* di mesin *mounting*. EHS *waste* juga muncul yang mengindikasikan adanya dampak terhadap lingkungan dan kesehatan serta keselamatan pekerja. Pencarian akar permasalahan dilakukan dengan menggunakan *tools* RCA (5 *whys*) dan FMEA hingga memunculkan 15 penyebab utama terjadinya ketiga *waste* tersebut. Pembentukan tim *Total productive maintenance*, penelitian perbaikan kualitas *bulb* dan *flare*, serta eksperimen pengurangan jumlah jenis *coil* menjadi usulan alternatif yang bisa dilakukan perusahaan. Dengan menggunakan konsep *value management* didapatkan alternatif terbaik dengan melakukan pembentukan dan pelatihan tim *Total productive maintenance*. Alternatif ini meningkatkan nilai *sigma defect* dari 2,92 menjadi 3,08 dan *sigma waiting* dari 2,83 menjadi 2,89. Indikator dampak lingkungan juga mengindikasikan penurunan yang sejalan.

Kata Kunci— *Lean Six Sigma*, GLS, *Waste*, RCA, FMEA.

I. PENDAHULUAN

PERKEMBANGAN dunia industri membawa perubahan yang besar bagi semua pihak yang terkait di dalamnya. Kebutuhan dan pengetahuan konsumen selalu bertambah setiap waktu. Konsumen selalu menginginkan hal yang terbaik yang mereka inginkan. Hal yang utama yang diperhatikan konsumen adalah kualitas. Kualitas produk akan sangat menentukan apakah konsumen menerima produk tersebut atau tidak. Untuk memenuhinya, produsen harus mampu memberikan *value* yang diharapkan oleh konsumen. Namun, dalam pelaksanaannya, masih saja terjadi aktivitas-aktivitas yang tidak membentuk *value* yang diharapkan oleh konsumen. Aktivitas-aktivitas ini merupakan *waste* yang tentunya

merugikan bagi produsen. Perkembangan ini juga terjadi untuk industri perlampuan. PT. Philips Lighting Surabaya sebagai salah satu produsen lampu di Indonesia juga menghadapi hal yang serupa. Indikasi yang menunjukkan terjadinya aktivitas-aktivitas yang tidak membentuk *value* adalah jumlah *defect* yang cukup besar, sekitar 8-9% produk. Jumlah ini bukanlah jumlah yang sedikit mengingat jumlah produksi pertahun PT. Philips Lighting Surabaya ini mencapai 300 juta unit lampu.

Namun, perkembangan sekarang tidak hanya memperhatikan kualitas barang. Semakin munculnya isu-isu lingkungan semakin mendorong konsumen untuk ikut serta melestarikan lingkungan. Hal ini membuat konsumen juga menuntut produsen untuk ikut serta melakukan hal yang sama, melestarikan lingkungan. Produsen juga akan mencari cara supaya mereka bisa memenuhi keinginan konsumen dan lingkungan. Dengan banyaknya jumlah *defect* yang terjadi, terdapat indikasi besarnya dampak lingkungan yang terjadi pada proses produksi perusahaan.

Lean six sigma merupakan salah satu metodologi dan konsep berpikir di dalam dunia manufaktur untuk mengeliminasi *waste* dan meningkatkan kualitas proses produksi. Dengan menurunnya jumlah *waste* yang terjadi, diharapkan nantinya akan terjadi penurunan dampak lingkungan yang dapat terjadi. Melalui penelitian ini diharapkan nantinya akan didapatkan *waste* yang terjadi di lini produksi hingga menemukan akar penyebabnya untuk nantinya memberikan masukan untuk improvisasi lini produksi.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Tahap Telaah

Lean six sigma merupakan *tools* yang sangat tepat digunakan oleh perusahaan ataupun organisasi yang mempunyai masalah *waste* sekaligus *defect*. Metode ini sangat ampuh untuk menangani permasalahan tersebut. Ramaswamy [1] menyebutkan dalam jurnalnya bahwa *lean six sigma* merupakan aplikasi dengan mengkombinasikan

metodologi *lean* ke dalam metodologi *six sigma*. *Tools* yang digunakan di dalam *lean* akan diintegrasikan ke dalam metodologi DMAIC ataupun DFSS. Pendekatan penggunaan metode *lean six sigma* ini harus tetap disesuaikan dengan kondisi setiap industri dan organisasi.

Di dunia industri jasa, Cima dkk [2] telah menggunakan metodologi *lean six sigma* untuk melakukan efisiensi terhadap penggunaan ruangan kamar bedah. Penelitian ini merupakan penelitian yang mengkombinasikan berbagai disiplin ilmu. Hal ini dikarenakan dibutuhkan optimasi efisiensi di dalam kamar bedah. Tiga hal utama yang menjadi bahasan di dalam penelitian tersebut adalah pegawai, pengolahan data, dan waktu. Di setiap tahapan proses *value stream*, dilakukan minimalisasi jumlah variasi, merampingkan proses praoperasi, mengurangi waktu tidak terpakainya kamar operasi, mengeliminasi aliran informasi yang berbalik, dan juga peningkatan keterlibatan karyawan dalam pengoptimalan kamar operasi tersebut.

Di dunia industri manufaktur, berbagai penelitian telah menyebutkan keunggulan *lean six sigma*. *Lean six sigma* dapat memaksimalkan *shareholder value* melalui percepatan peningkatan dan perbaikan di dalam kepuasan konsumen, biaya, kualitas, kecepatan proses, dan biaya modal [3]. Di dalam penelitiannya, metodologi *lean six sigma* telah dapat diterapkan di industri penerbangan. *Tools* DMAIC dapat mengidentifikasi peluang-peluang *improvement* terhadap waktu proses dan *defect*. Penelitian ini menghasilkan penurunan *lead time* dari 26 hari menjadi 10 hari. Selain itu, peluang terjadinya *defect* dapat dikurangi hingga sebesar 30%. Pada akhirnya, aplikasi *lean six sigma* pada industri penerbangan tersebut dapat menghasilkan *saving* hingga \$6000 untuk tiap armada.

Meningkatnya perkembangan isu lingkungan membuat industri berlomba-lomba untuk ikut serta dalam menjaga kelestarian lingkungan. Banyak industri yang sudah menjadikan lingkungan sebagai salah satu faktor pertimbangan di dalam perusahaan. Kondisi ini pada akhirnya menghasilkan pemikiran-pemikiran baru mengenai cara untuk melakukan perbaikan proses tetapi dengan mempertimbangkan faktor lingkungan. Metode yang muncul kemudian adalah *lean green* dan *green sigma*.

Penelitian mengenai *lean green* sudah diaplikasikan lebih dulu karena dianggap mempunyai kesamaan antara *lean* dan *green*. *Lean* dan *green* sama-sama bertujuan untuk menghilangkan *waste*, yang mana semakin banyak *waste*, maka dampak terhadap lingkungan juga akan semakin besar. Helper [4] menunjukkan bahwa perusahaan yang telah menerapkan *lean manufacturing* akan menjadi perusahaan yang *green* juga, dan begitu pula sebaliknya [4]. Bergmiller [5] menjadi sebuah pembuka bagi penelitian di bidang *lean green*. Tesis Bergmiller menghasilkan sebuah kesimpulan bahwa industri manufaktur dapat menjadi pendorong terciptanya sebuah *sustainable manufacturing (green)* dengan mengaplikasikan konsep *lean* pada perusahaan mereka. Bergmiller mengungkapkan bahwa adanya korelasi positif antara hasil pencapaian *lean* dan *green* dalam mereduksi dampak terhadap lingkungan dapat menjadi sebuah alasan yang cukup bagus untuk mengintegrasikan keduanya. Konsep *lean management* yang bisa didapat melalui ISO 9001 ataupun Shingo model bisa mereduksi dampak terhadap lingkungan,

hanya saja masih belum dapat terukur hasil pencapaiannya. Oleh karena itu, konsep-konsep *lean* tersebut harus diintegrasikan dengan konsep *green* melalui ISO 14001 ataupun *green management* yang lain. Penelitian ini dibuktikan kembali oleh Bergmiller dan McCright [6] dengan meneliti perusahaan-perusahaan yang telah menerapkan konsep *lean* dalam proses manufaktur mereka. Hasilnya, perusahaan-perusahaan yang telah menerapkan konsep *lean* secara langsung juga akan mendapatkan menurunnya dampak lingkungan yang dihasilkan. Perusahaan-perusahaan tersebut akan mampu menjadi perusahaan yang *green*.

Qiu dan Chen [7] juga berhasil menerapkan integrasi konsep *lean* dan *green* ini di dalam sebuah industri otomotif. Hanya berfokus pada sistem *material handling*, penelitian tersebut mampu mengurangi waktu *assembly* dari 11 menit menjadi 8 menit. Penurunan juga terjadi pada dampak lingkungan. Tiga fokus utama di dalam penelitian ini adalah energi, transportasi, dan material. Penelitian ini menggunakan *loss model* untuk menunjukkan performansi dampak lingkungan. *Tools* yang digunakan pada penelitian ini mengintegrasikan antara *loss model* dengan VSM (*Value Stream Mapping*). Dengan menggunakan *loss model*, dapat diketahui dampak dari setiap jenis *waste* terhadap lingkungan. Dengan menggunakan VSM, maka *waste-waste* yang mungkin muncul di sepanjang aliran dapat diketahui. Dengan demikian, integrasi kedua *tools* ini bisa menunjukkan *waste* dan dampak lingkungannya di dalam setiap proses pembentukan *value*.

Pembangunan lingkungan yang *green* melalui penerapan konsep *lean* juga telah diaplikasikan di dunia industri garmen [8]. Penerapan *lean* dengan menggunakan *tools* 5s, VSM (*Value Stream Mapping*), dan SMED (*Single Minute Exchange Die*) telah mampu meningkatkan *process environment*, penurunan tingkat kelelahan pegawai, dan penurunan biaya dengan jumlah investasi yang dapat diterima perusahaan. Marudhamuthu dan Krishnaswamy menyimpulkan bahwa penggunaan konsep *lean* dapat menurunkan biaya untuk program *pollution reduction* [8]. Dengan pengaplikasian konsep *lean*, perusahaan mampu mengurangi sumber daya yang dibutuhkan dengan mencegah terjadinya *waste* dan polusi. Pada akhirnya, *lean* berhubungan erat dengan proses rendah emisi.

Penelitian tentang *green sigma* kemudian muncul menjadi salah satu *quality improvement* berbasis lingkungan. *Green sigma* ini dikembangkan oleh IBM untuk memantau dampak lingkungan dalam melakukan *quality improvement* [9]. IBM menggunakan lima tahap implementasi *green sigma*. Tahap pertama adalah menetapkan *key performance indicator* (KPI) dengan memasukkan faktor-faktor lingkungan. Selanjutnya, dilakukan penetapan metode pengukuran yang diperlukan. Tahap ketiga adalah menentukan *management dashboard system*. Sistem ini akan memantau emisi dari setiap proses secara *real time*. Tahap keempat adalah melakukan optimasi proses dari hasil pemantauan sebelumnya. Optimasi proses juga disesuaikan dengan VOE (*Voice of Environment*). Tahap terakhir adalah melakukan *control* terhadap performansi lingkungan tersebut.

Lean Green Six Sigma merupakan sebuah ide kreatif dengan menggabungkan aspek kualitas, *flow process*, dan juga aspek lingkungan. Penelitian dengan mengkombinasikan ketiga metodologi dan konsep ini masih cukup sedikit [10].

Penelitian tersebut didasari dengan semakin bertumbuhnya kebutuhan untuk ikut serta menjaga lingkungan. Sehingga, konsep *lean six sigma* yang telah diterapkan diarahkan untuk ramah lingkungan (*green*). Dari laporan penelitian tersebut, didapatkan kesimpulan bahwa dengan melebarkan metodologi *quality improvement* yang dijalankan dengan program-program ramah lingkungan (*green*), perusahaan bisa menggabungkan faktor-faktor kritis untuk menjadi sebuah perusahaan yang bagus dan secara bersamaan meningkatkan *bottom line* perusahaan.

B. Metodologi Penelitian

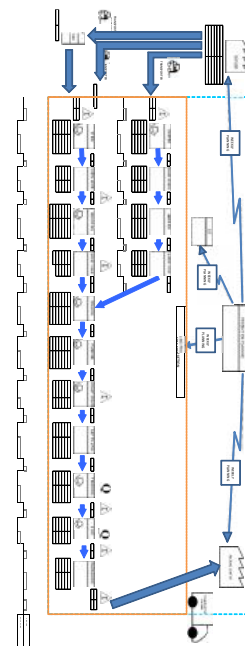
Penelitian ini mengikuti metodologi DMAIC (Define, Measure, Analysis, Improvement, and Control) dari *six sigma*. Penelitian ini dimulai dengan tahap define, yakni melakukan identifikasi terhadap obyek amatan. Hasil dari identifikasi ini digambarkan melalui sebuah diagram *value stream mapping*. Diagram ini untuk mengetahui kondisi aktual dari obyek amatan dalam beberapa indikator, meliputi *yield*, *uptime*, *srta value added*, *non value added time*, dan *necessary non value added time*. Penelitian dilanjutkan dengan melakukan klasifikasi aktivitas perusahaan. Setelah itu, dilakukan identifikasi terhadap kejadian-kejadian *waste*. Setiap *waste* yang terjadi kemudian diukur tingkat kejadiannya. Pengukuran juga dilakukan terhadap DPMO dan nilai sigma dari setiap indikator *waste*. Aktivitas ini termasuk ke dalam fase *measure*. Fase *Analysis* dilakukan dengan menganalisis penyebab dari terjadinya tiap *waste*. Analisis dilakukan dengan menggunakan *root cause analysis*. Tools yang digunakan pada penelitian ini adalah *5 whys*. Setelah didapatkan keluaran dari *root cause analysis*, setiap *root cause* kemudian dinilai dengan menggunakan tools *failure mode and effect analysis* (FMEA). Dengan menggunakan RCA dan FMEA ini didapatkan penyebab utama dari kejadian *waste*. Oleh karena itu, fase *analysis* dilanjutkan dengan fase *Improvement*, yakni fase untuk menentukan perbaikan dari penyebab *waste* yang telah diketahui. Untuk menetapkan alternatif terbaik yang dapat diambil, dilakukan analisis *value management*. Setiap alternatif akan dinilai performansi dan biayanya untuk kemudian menentukan *value* yang didapatkan perusahaan dengan aplikasi setiap alternatif. Alternatif dengan nilai *value* terbesar akan terpilih untuk diusulkan kepada perusahaan. Setelah ditetapkan alternatif terbaik, dilakukan perhitungan kembali terkait baseline measurement, meliputi DPMO dan nilai sigma. Hal ini untuk membuktikan bahwa alternatif perbaikan yang dipilih dapat benar-benar memberikan keuntungan bagi perusahaan. Fase terakhir adalah fase *control*. Fase ini merupakan fase untuk memberikan alternatif mekanisme *control* terhadap jalannya alternatif perbaikan.

C. Hasil Penelitian

1. Fase define

Pada fase ini dilakukan pendefinisian terhadap proses produksi eksisting yang berjalan. Proses ini digambarkan dalam sebuah *value stream mapping*. Hasil dari *value stream mapping* menunjukkan adanya beberapa proses kritis yang terjadi, seperti di mesin *finishing* dengan tingkat *yield* rendah dan mesin *mounting* dengan tingkat *uptime* rendah. *Waste*

yang terjadi meliputi EHS *waste*, *defect*, dan *waiting*. EHS *waste* terindikasi dengan banyaknya material terbuang dan sisa scrap pecahan kaca material yang cukup banyak terjadi di lingkungan kerja. *Defect* terjadi dengan banyaknya *reject* proses yang terjadi. *Defect* terbesar terjadi pada mesin *finishing*. *Waiting* merupakan *waste* yang terjadi dengan banyaknya jumlah waktu *downtime* mesin. Indikasi ini banyak terjadi di mesin *mounting*. Hasil dari *value stream mapping* ini dapat dilihat pada gambar berikut.



2. Fase measure

EHS *waste* yang terjadi menimbulkan dampak lingkungan yang cukup besar. Dengan menggunakan software assessment dampak lingkungan, diketahui bahwa bagian yang menimbulkan dampak lingkungan terbesar adalah penggunaan *bulb* dan *lead in wire*. sementara itu, *defect finishing* yang terjadi memiliki nilai sigma sebesar 2,92 dengan total biaya yang ditanggung perusahaan sebesar Rp. 7.363.440.000. Nilai sigma ini menunjukkan bahwa proses yang terjadi cukup buruk dan harus diperbaiki. Untuk *waste waiting* yang terjadi, didapatkan nilai sigma sebesar 2,09 dan biaya yang ditanggung sebesar Rp. 6.234.472.800. Nilai sigma ini juga cukup jauh dari angka 3 sehingga masih harus *diimprove* lebih lanjut.

3. Fase analysis

Fase analisis dilakukan dengan mencari akar penyebab permasalahan. Untuk mengetahuinya, digunakan *5 whys analysis*. Hasil dari *5 whys analysis* dilanjutkan dengan FMEA. FMEA ini dilakukan untuk memastikan *root cause* yang paling berpengaruh terhadap terjadinya *waste*. Hasil dari fase ini didapatkan 15 faktor / *root cause* yang paling berpengaruh terhadap terjadinya *waste*.

4. Fase improvement

Dari 15 *root cause* yang teridentifikasi, dilakukan penarikan *improvement* yang mungkin bisa dilakukan. Dari beberapa *improvement root cause* yang ada, didapatkan tiga alternatif utama untuk *improvement*. Alternatif pertama adalah dengan membentuk tim dan pelatihan tim *Total productive maintenance*. Alternatif ini muncul akibat adanya *downtime* yang sering terjadi yang membutuhkan penanganan dan *preventive maintenance* yang teratur. Alternatif kedua adalah penelitian untuk memperbaiki kualitas *bulb* dan *flare*. Alternatif ini muncul sebagai akibat banyaknya *defect* karena buruknya kualitas material. Alternatif ketiga adalah eksperimen untuk mengurangi jumlah jenis *coil* yang diperlukan dalam produksi. Alternatif ini muncul karena banyaknya jumlah jenis *coil* yang dibutuhkan dalam proses produksi.

Untuk menentukan alternatif terbaik, digunakan *value management*. Konsep ini menentukan *value* berdasarkan *performance* dan biaya yang dikeluarkan.

No	Alternatif	Bobot kriteria			Performance (P)	Performance	Cost (C)	Value
		Defect	Downtime	Output				
		0.45	0.45	0.1				
1	0	3	3	5	3.20	18,266,694,743	18,266,694,743	1.00
2	1	5	5	5	5.00	28,541,710,536	24,729,744,743	1.15
3	2	6	3	6	4.65	26,543,790,798	25,254,444,743	1.05
4	3	4	4	5	4.10	23,404,202,639	27,776,275,993	0.84
5	1,2	7	6	7	6.55	37,389,640,802	68,250,884,229	0.55
6	1,3	5	5	5	5.00	28,541,710,536	70,772,715,479	0.40
7	2,3	6	4	7	5.20	29,683,378,957	71,297,415,479	0.42
8	1,2,3	6	5	7	5.65	32,252,132,906	96,027,160,222	0.34

Hasilnya, alternatif 1 menjadi alternatif terbaik dengan nilai *value* 1,15. Dengan penggunaan alternatif ini, sigma *defect* meningkat menjadi 3,08 dan sigma *waiting* menjadi 2,08. Biaya yang bertanggung oleh perusahaan juga menurun. Dengan peningkatan sigma *defect*, dampak lingkungan menjadi menurun.

5. Fase control

Fase *control* merupakan fase untuk memantau supaya alternatif perbaikan terpilih benar-benar dapat diaplikasikan. Mekanisme *control* yang pertama adalah pembuatan *control sheet*. Pembuatan *control sheet* ini untuk mengingatkan operator mengenai hal-hal yang harus mereka lakukan sebagai tim *total productive maintenance*. Selain itu, penentuan jumlah minimal *defect* untuk melakukan perbaikan juga perlu diperbaiki. Jika sebelumnya dilakukan secara manual, maka untuk selanjutnya diperlukan penyusunan *control chart* secara kontinyu untuk mengetahui proses in *control* atau tidak.

III. KESIMPULAN/RINGKASAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini antara lain adalah.

- Metode lean six sigma yang diaplikasikan pada studi kasus di Departemen GLS PT. Philips Lighting Surabaya dapat menemukan bahwa terdapat tiga *waste* utama yang terjadi di departemen ini, yakni EHS *waste*, *defect*, dan

waiting.

- Terdapat beberapa faktor penyebab terjadinya tiga *waste* utama yang dihadapi, namun hanya beberapa yang benar-benar menjadi faktor penyebab utama dari kejadian *waste*. Pada EHS *waste*, *defect bulb* menjadi penyebab utama. Penyebab terjadinya *defect* di mesin *finishing* meliputi jenis *coil* yang dibutuhkan banyak, material *bulb* dan *flare* yang kurang baik, *pinching burner* yang kurang sesuai, LIW yang bengkok, setting gunting pumping dan gas pembakaran *pinching burner* yang kurang sesuai, serta lubang stengel yang kotor. Sementara itu, penyebab utama terjadinya *waiting* di mesin *mounting* diakibatkan oleh rusaknya *roller element*, serta kurang sesuainya setting pacul *inserting element*, dan posisi button *burner*.
- Ada tiga solusi yang dapat dilakukan untuk mengurangi terjadinya *waste*. Alternatif pertama adalah melakukan pembentukan dan pelatihan tim *total productive maintenance*. Alternatif kedua adalah penelitian untuk mendapatkan perbaikan kualitas *bulb* dan *flare* untuk meningkatkan kapabilitas proses produksi. Alternatif ketiga adalah dilakukannya eksperimen untuk mengurangi jumlah jenis *coil* yang digunakan dalam proses produksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis Miftachul Arifin mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, ilmu, inspirasi, dan takdir yang terbaik bagi umat-Nya, kepada kedua orang tua Ibu Solikah dan Bapak Sairi atas doa restu, semangat dan motivasi, Bapak H. Hari Supriyanto, Ir., MSIE. selaku dosen pembimbing yang dengan sabar memberikan arahan dan nasehat selama penyelesaian Tugas Akhir, dan Prof. Udi Subakti Ciptomulyono, Pak Yudha Prasetyawan, dan Bu Putu Dana sebagai reviewer Tugas Akhir yang telah memberi saran dan masukan kepada penulis, serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas segala bantuan dan doa dalam penyelesaian penelitian Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ramaswamy, R., *Integrating Lean and Six Sigma Methodologies For Business Excellence*. ORIEL, (2007).
- Cima, R.R., et al., *Use of Lean and Six Sigma Methodology to Improve Operating Room Efficiency In A High Volume Tertiary-Care Academic Medical Center*. American College of Surgeon, (2011).
- Ramamoorthy, S., *Lean Six-Sigma Application in Aircraft Assembly*, in *Industrial and Manufacturing Engineering*. (2007), University of Madras.
- Helper, S., P.G. Clifford, and H. Rozwadowski, *Can Green Be Lean?*, in *Academy of Management Annual Meeting Organization and The Natural Environment*. (1997).
- Bergmiller, G.G., *Lean Manufacturers Transcendence To Green Manufacturing: Correlating The Diffusion Of Lean And Green Manufacturing Systems*, in *Department of Industrial and Management Systems Engineering* (2006), University Of South Florida: Florida.
- Bergmiller, G.G. and P.R. McCright. *Lean Manufacturers' Transcendence to Green Manufacturing*. in *Industrial Engineering Research Conference 2009*. (2009).

- [7] Qiu, X. and X. Chen, *Evaluate The Environmental Impacts Of Implementing Lean In Production Process Of Manufacturing Industry in Management of Economics and Innovation, Production Engineering.* (2009), Chalmers University Of Technology: Gothenburg.
- [8] Marudhamuthu, R. and M. Krishnaswamy, *The Development Of Green Environment Through Lean Implementation In A Garment Industry.* ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences 2009. **6**(9, SEPTEMBER 2011).
- [9] Olson, E.G. and N. Brady, *Green Sigma And The Technology Of Transformation For Environmental Stewardship.* IBM J. RES. & DEV, (2009). **53**.
- [10] Park, C. and D. Linich, *Green Lean Six Sigma: Using Lean To Help Drive Results In The Wholly Sustainable Enterprise.* Deloitte Development LLC, (2008).